

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-147280

(43)Date of publication of application : 26.05.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 10-341146

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

(22)Date of filing : 13.11.1998

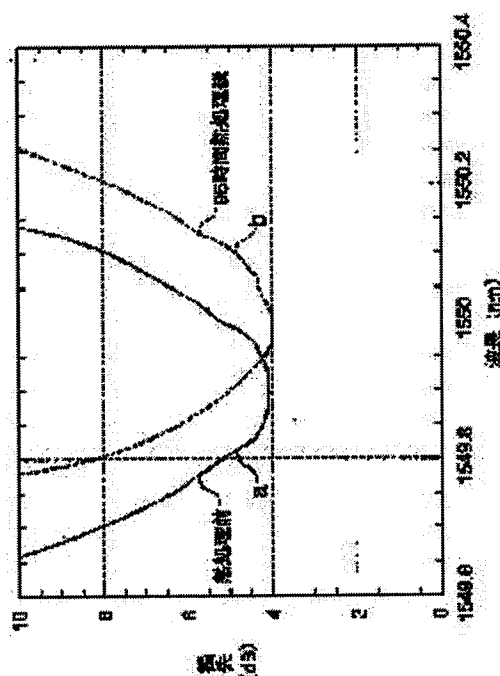
(72)Inventor : TANAKA KANJI  
NAKAJIMA TAKESHI

## (54) METHOD FOR CORRECTING WAVELENGTH OF OPTICAL MULTIPLEXER-DEMULTIPLEXER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the production yield of an optical multiplexer- demultiplexer and to reduce its production cost.

SOLUTION: The optical multiplexer-demultiplexer is formed by an array waveguide type diffraction grating constituted of plural array waveguides formed by a glass material and having mutually different wavelengths in parallel and capable of multiplexing light components having mutually different wavelengths or demultiplexing light components of one or more wavelengths from light having mutually different wavelengths. When the center wavelength of light multiplexed by the array waveguide or that of light demultiplexed by the optical multiplexing-demultiplexing part exists on the short wavelength side from a previously determined set wavelength (1550 nm) as shown in a characteristic line (a), the optical multiplexer-demultiplexer is heated at 700° C less than the glass transition temperature of the glass material for 96 hours e.g. to correct the center wavelength of light multiplexed by the array waveguide and that of light demultiplexed by the optical multiplexing-demultiplexing part to the long wavelength side as shown by a characteristic line (b) and determine the corrected value as a set wavelength.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-147280  
(P2000-147280A)

(43) 公開日 平成12年5月26日 (2000. 5. 26)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 6/12

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

テーマコード\* (参考)

F 2 H 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-341146

(22) 出願日 平成10年11月13日 (1998. 11. 13)

(71) 出願人 000003290

古河電気工業株式会社  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 田中 完二

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内

(72) 発明者 中島 毅

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内

(74) 代理人 100093894

弁理士 五十嵐 清

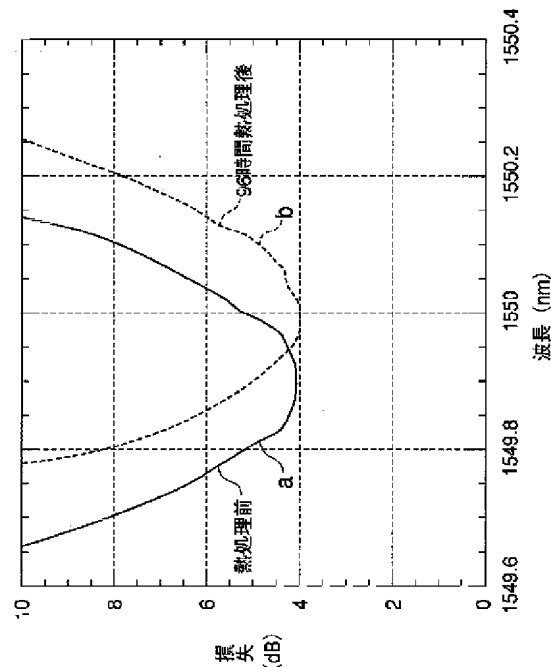
Fターム(参考) 2H047 KA02 KA12 KB04 KB06 LA01  
LA19 PA01 PA11 PA24 QA04  
QA07 TA00 TA42

(54) 【発明の名称】 光合分波器の波長補正方法

(57) 【要約】

【課題】 光合分波器の作製歩留まりを向上させ、低コスト化を図れる光合分波器の波長補正方法を提供する。

【解決手段】 ガラス材料により形成された互いに異なる長さの複数のアレイ導波路を並設し、アレイ導波路によって互いに異なる複数の波長の光を合波したり、互いに異なる複数の波長をもった光から1つ以上の波長の光を分波したりするアレイ導波路型回折格子によって光合分波器を形成する。アレイ導波路によって合波した光の中心波長または光合分波部によって分波した光の中心波長が、特性線aに示すように、予め定められた設定波長(1550nm)よりも短波長側であったときに、前記ガラス材料のガラス転移温度以下の700℃で、例えば96時間加熱することにより、特性線bに示すように、アレイ導波路で合波する光と光合分波部で分波する光の各中心波長を長波長側に補正して前記設定波長とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに異なる複数の波長の光を合波する光合波機能と互いに異なる複数の波長をもった光から1つ以上の波長の光を分波する光分波機能の少なくとも一方の機能を有する光合分波部を有し、該光合分波部はガラス材料により形成された互いに長さの異なる複数の光導波路により形成されており、前記光合分波部によって合波する光と分波する光の各中心波長が前記光導波路の長さの差及び該光導波路の実効屈折率に比例する光合分波器の波長補正方法であって、前記光合分波部によって合波された光の中心波長または光合分波部によって分波された光の中心波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であったときに、少なくとも前記光合分波部を室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、該光合分波部で合波する光と光合分波部で分波する光の各中心波長を長波長側に補正することを特徴とする光合分波器の波長補正方法。

【請求項2】 1本以上の並設された光入力導波路の出射側に第1のスラブ導波路が接続され、該第1のスラブ導波路の出射側には該第1のスラブ導波路から導出された光を伝播する互いに異なる長さの複数の並設されたアレイ導波路が接続され、該複数のアレイ導波路の出射側には第2のスラブ導波路が接続され、該第2のスラブ導波路の出射側には1本以上の並設された光出力導波路が接続されて成る導波路パターンを有し、前記アレイ導波路によって光合分波部が形成されているアレイ導波路型回折格子を光合分波器とし、前記アレイ導波路によって合波または分波される光の波長を請求項1記載の波長補正方法を用いて補正することを特徴とする光合分波器の波長補正方法。

【請求項3】 光入力導波路の出射側に第1の方向性結合器が接続され、該第1の方向性結合器の出射側には該第1の方向性結合器から導出された光を伝播する互いに異なる長さの2本の並設されたアーム導波路が接続され、該2本のアーム導波路の出射側には第2の方向性結合器が接続され、該第2の方向性結合器の出射側には光出力導波路が接続されて成る導波路パターンを有し、光合分波部が前記アーム導波路によって形成されているマッハツェンダ干渉型素子を光合分波器とし、前記アーム導波路によって合波または分波される光の波長を請求項1記載の波長補正方法を用いて補正することを特徴とする光合分波器の波長補正方法。

【請求項4】 ガラス材料により形成されたリング型光導波路に方向性結合器を介して光入力導波路と光出力導波路とが接続され、前記リング型光導波路の共振波長が該リング型光導波路の長さおよび該リング型光導波路の実効屈折率に比例するリング共振器型フィルタを備え、互いに異なる複数の波長の光から前記リング型光導波路の共振波長と異なる波長の光を分波する光合分波器の波

長補正方法であって、前記リング型光導波路の共振波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であるときに、少なくとも前記リング型光導波路を室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、前記リング型光導波路の共振波長を長波長側に補正することを特徴とする光合分波器の波長補正方法。

【請求項5】 ガラス材料により形成された基板を挟む両面側に鏡を設けてこれらの鏡の反射面を互に対向させたファブリペローエタロンを有し、該ファブリペローエタロンの共振波長は前記鏡の反射面間の距離および前記基板の実効屈折率に比例し、互いに異なる複数の波長の光から前記ファブリペローエタロンの共振波長と異なる波長の光を分波する光合分波器の波長補正方法であって、前記ファブリペローエタロンの共振波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であるときに、少なくとも前記ファブリペローエタロンを室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、前記ファブリペローエタロンの共振波長を長波長側に補正することを特徴とする光合分波器の波長補正方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば波長多重光伝送システム等に用いられる光合分波器の合波波長や分波波長を補正する光合分波器の波長補正方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、光通信においては、その伝送容量を飛躍的に増加させる方法として、光波長多重通信の研究開発が盛んに行なわれ、実用化が進みつつある。光波長多重通信は、例えば互いに異なる波長を有する複数の光を多重して伝送させるものであり、このような光波長多重通信のシステムにおいては、互いに異なる複数の波長の光を合波する光合波機能や、伝送される互いに異なる複数の波長をもった光から1つ以上の波長の光を分波する光分波機能等を有する光合分波器をシステム内に設けることが不可欠である。

【0003】光合分波器の例として、例えば光の干渉効果や回折効果を利用した、アレイ導波路型回折格子(AWG; Arrayed Waveguide Grating)やマッハツェンダ干渉型素子、リング共振型フィルタ、ファブリペローエタロン等を備えた光合分波器が現在使用されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記のような光合分波器を波長多重光伝送システムに使用するためには、例えば、互いに異なる複数の波長の光を合波するときに、予め定められた設定波長の光を確実に合波したり、伝送される互いに異なる複数の波長をもった光か

ら、光合分波器によって1つ以上の波長の光を分波するときに、予め定められた設定波長の光を確実に分波するといったように、かなりの波長精度が必要である。

【0005】しかしながら、上記のような光合分波器を作製するときの作製誤差等により、光合分波器によって合波される光の波長や光合分波器によって分波される光の波長に誤差が生じることが多く、前記設定波長の光を確実に合波したり、前記設定波長の光を確実に分波できる光合分波器を作製することは難しかった。したがって、従来は、上記のような光合分波器の作製歩留まりは低く、それにより、光合分波器の価格が高コストになってしまうといった問題があった。

【0006】本発明は、上記従来の課題を解決するためになされたものであり、その目的は、光合分波器の作製歩留まりを向上させ、それにより、光合分波器の低コスト化を図ることができる光合分波器の波長補正方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は次のような構成をもって課題を解決するための手段としている。すなわち、本第1の発明は、互いに異なる複数の波長の光を合波する光合波機能と互いに異なる複数の波長をもった光から1つ以上の波長の光を分波する光分波機能の少なくとも一方の機能を有する光合分波部を有し、該光合分波部はガラス材料により形成された互いに長さの異なる複数の光導波路により形成されており、前記光合分波部によって合波する光と分波する光の各中心波長が前記光導波路の長さの差及び該光導波路の実効屈折率に比例する光合分波器の波長補正方法であって、前記光合分波部によって合波された光の中心波長または光合分波部によって分波された光の中心波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であったときに、少なくとも前記光合分波部を室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、該光合分波部で合波する光と光合分波部で分波する光の各中心波長を長波長側に補正する構成をもって課題を解決する手段としている。

【0008】また、本第2の発明は、1本以上の並設された光入力導波路の出射側に第1のスラブ導波路が接続され、該第1のスラブ導波路の出射側には該第1のスラブ導波路から導出された光を伝播する互いに異なる長さの複数の並設されたアレイ導波路が接続され、該複数のアレイ導波路の出射側には第2のスラブ導波路が接続され、該第2のスラブ導波路の出射側には1本以上の並設された光出力導波路が接続されて成る導波路パターンを有し、前記アレイ導波路によって光合分波部が形成されているアレイ導波路型回折格子を光合分波器とし、前記アレイ導波路によって合波または分波される光の波長を前記本第1の発明の波長補正方法を用いて補正する構成をもって課題を解決する手段としている。

【0009】さらに、本第3の発明は、光入力導波路の出射側に第1の方向性結合器が接続され、該第1の方向性結合器の出射側には該第1の方向性結合器から導出された光を伝播する互いに異なる長さの2本の並設されたアーム導波路が接続され、該2本のアーム導波路の出射側には第2の方向性結合器が接続され、該第2の方向性結合器の出射側には光出力導波路が接続されて成る導波路パターンを有し、光合分波部が前記アーム導波路によって形成されているマッハツェンダ干渉型素子を光合分波器とし、前記アーム導波路によって合波または分波される光の波長を前記本第1の発明の波長補正方法を用いて補正する構成をもって課題を解決する手段としている。

【0010】さらに、本第4の発明は、ガラス材料により形成されたリング型光導波路に方向性結合器を介して光入力導波路と光出力導波路とが接続され、前記リング型光導波路の共振波長が該リング型光導波路の長さおよび該リング型光導波路の実効屈折率に比例するリング共振器型フィルタを備え、互いに異なる複数の波長の光から前記リング型光導波路の共振波長と異なる波長の光を分波する光合分波器の波長補正方法であって、前記リング型光導波路の共振波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であるときに、少なくとも前記リング型光導波路を室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、前記リング型光導波路の共振波長を長波長側に補正する構成をもって課題を解決する手段としている。

【0011】さらに、本第5の発明は、ガラス材料により形成された基板を挟む両面側に鏡を設けてこれらの鏡の反射面を互いに対向させたファブリペローエタロンを有し、該ファブリペローエタロンの共振波長は前記鏡の反射面間の距離および前記基板の実効屈折率に比例し、互いに異なる複数の波長の光から前記ファブリペローエタロンの共振波長と異なる波長の光を分波する光合分波器の波長補正方法であって、前記ファブリペローエタロンの共振波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であるときに、少なくとも前記ファブリペローエタロンを室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、前記ファブリペローエタロンの共振波長を長波長側に補正する構成をもって課題を解決する手段としている。

【0012】上記構成の本第1の発明の光合分波器における光合分波部や、上記本第2の発明の波長補正方法を適用するアレイ導波路型回折格子や上記本第3の発明の波長補正方法を適用するマッハツェンダ干渉型素子等の光合分波部によって合波する光と分波する光の各中心波長は、光合分波部を形成する光導波路の長さの差及び該光導波路の実効屈折率に比例するため、この光合分波器の実効屈折率を可変することにより、光合分波部によって合波する光と分波する光の各中心波長は可変される。

【0013】一般に、ガラス材料をガラス転移温度近傍の一定温度で加熱すると、加熱前の状態が平衡状態より密度の小さい状態か大きい状態かによって、ガラス材料の体積の収縮または膨張がおこることが知られており、ガラス転移温度より低い温度で加熱することにより、ガラス材料の体積の収縮が生じ、ガラス材料の実効屈折率が高くなるため、上記本第1～第3の発明のように、前記光合分波部によって合波された光の中心波長または光合分波部によって分波された光の中心波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であったときに、少なくとも前記光合分波部を室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で加熱すると、光合分波部で合波する光と光合分波部で分波する光の各中心波長は長波長側にシフトする。

【0014】本第1、第2、第3の発明においては、前記光合分波部によって合波された光の中心波長または光合分波部によって分波された光の中心波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であったときに、予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、該光合分波部で合波する光と光合分波部で分波する光の各中心波長を長波長側に補正するものであるため、上記加熱時間を適切に設定することにより、前記中心波長を前記設定波長又は設定波長に近い波長に補正できるために、光合分波器の作製歩留まりが向上され、光合分波器の低コスト化を図ることが可能となる。

【0015】また、同様に、本第4の発明においては、リング型光導波路の共振波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であるときに、少なくとも前記リング型光導波路を室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、前記リング型光導波路の共振波長を長波長側に補正するものであり、本第5の発明においては、ファブリペローエタロンの共振波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であるときに、少なくとも前記ファブリペローエタロンを室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、前記ファブリペローエタロンの共振波長を長波長側に補正するものであるため、いずれの発明においても、上記加熱時間を適切に設定することにより、前記共振波長を前記設定波長又は設定波長に近い波長に補正できるために、光合分波器の作製歩留まりが向上され、光合分波器の低コスト化を図ることが可能となり、上記課題が解決される。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図2には、本発明に係る光合分波器の波長補正方法の第1実施形態例を適用する光合分波器の要部構成が示されている。

【0017】同図に示すように、この光合分波器はアレイ導波路型回折格子であり、1本以上の並設された光入

力導波路2の出射側に、第1のスラブ導波路としての入力側スラブ導波路3が接続され、入力側スラブ導波路3の出射側には、入力側第1のスラブ導波路3から導出された光を伝播する複数のアレイ導波路4が接続され、これら複数のアレイ導波路4の出射側には、第2のスラブ導波路としての出力側スラブ導波路5が接続され、出力側スラブ導波路5の出射側には、1本以上の並設された光出力導波路6が接続されて成る導波路パターンを有している。

【0018】前記アレイ導波路4は、ガラス材料によって互いに異なる長さに形成されて並設されており、これらのアレイ導波路4によって、互いに異なる複数の波長の光を合波する光合波機能と互いに異なる複数の波長をもった光から1つ以上の波長の光を分波する光分波機能を有する光合分波部10が形成されている。

【0019】なお、アレイ導波路4は、通常、例えば100本といったように多数設けられ、前記光入力導波路2や光出力導波路6は、例えばアレイ導波路4によって合波または分波される互いに異なる波長の光の数などに対応させて、例えば16本ずつ設けられるが、同図においては、図の簡略化のために、アレイ導波路4および、光入力導波路2、光出力導波路6の本数を簡略的に示してある。また、図2に示すアレイ導波路型回折格子は、アレイ導波路4を含む各導波路がガラス材料により形成されている。

【0020】光入力導波路2には、例えば送信側の光ファイバが接続され、同図に示されるように、波長の異なった光( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\dots$ 、 $\lambda_n$ )をもった波長多重光が導入されると、光入力導波路2を通った光は入力側スラブ導波路3に導入され、光は、その回折効果によって広がって複数の各アレイ導波路4に入射し、各アレイ導波路4を伝播する。

【0021】この各アレイ導波路4を伝播した光は、出力側スラブ導波路5に達し、さらに、光出力導波路6に集光されて出力されるが、各アレイ導波路4の長さが互いに異なることから、各アレイ型導波路4を伝播した後に個々の光の位相にずれが生じ、このずれ量に応じて集束光の波面が傾き、この傾き角度により集光する位置が決まるため、波長の異なる光は互いに集光する位置が異なり、その位置に光出力導波路6を形成することによって、例えば、図2に示されるように、波長の異なった光( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\dots$ 、 $\lambda_n$ )が各波長ごとに異なる光出力導波路6から出力される。

【0022】また、光は可逆性を有することから、例えば、上記と逆に、各光出力導波路6から互いに波長が異なる複数の光を入射させると、これらの光は、上記と逆の伝播経路を通り、アレイ導波路4によって合波され、光入力導波路2から出射される。

【0023】以上のように、アレイ導波路型回折格子においては、アレイ導波路4によって、光の回折効果を利

用して光の合波や分波を行なうが、その合波する光と分波する光の各中心波長は、アレイ導波路4の長さの差及びアレイ導波路4の実効屈折率に比例する。具体的には、アレイ導波路4によって合波したり分波したりする光の中心波長 $\lambda_a$ は、複数のアレイ導波路4の長さの差 $\Delta L$ と、アレイ導波路4の実効屈折率 $n$ と、回折次数 $m$  (回折次数 $m$ は、整数であり、一定である)により、次式(1)により表わされ、アレイ導波路4の光路長差 $\Delta L$ は、前記中心波長の整数倍となる。

$$\text{【0024】 } m \cdot \lambda_a = n \cdot \Delta L \cdots (1)$$

【0025】図2に示すアレイ導波路型回折格子は、具体的には、以下のようにして作製した。すなわち、シリコンの基板1上に石英系ガラスを火炎堆積法と反応性イオンエッチングを用いて形成し、各導波路を形成するコアの大きさは、 $6\mu\text{m} \times 6\mu\text{m}$ とし、コアの屈折率は、このコアの下部側に設けられている下部クラッドおよび、コアの上部側に設けられている上部クラッドの屈折率よりも0.75%大きく形成した。

【0026】また、アレイ導波路4の長さの差(光路長差) $\Delta L$ は、 $64\mu\text{m}$ とし、これにより、波長多重光伝送システムに用いられる波長領域である波長1.55 $\mu\text{m}$ 帯において、波長間隔0.8nmの光を合波または分波できるように形成した。なお、このアレイ導波路型回折格子によって光を分波するとき、分波される光の1つは、その中心波長が1550nmとなるようにした。

【0027】次に、本実施形態例の光合分波器の波長補正方法について説明する。本実施形態例の波長補正方法は、光合分波部10を形成するアレイ導波路4によって合波された光の中心波長またはアレイ導波路4によって分波された光の中心波長が、予め定められた設定波長よりも短波長側であったときに、その波長を補正するものである。

【0028】この補正のために、本実施形態例では、まず、アレイ導波路型回折格子の各光出力導波路6から出射される光の波長特性を測定した。なお、各光出力導波路6から出射される光の波長特性は、アレイ導波路4によって分波された光の波長特性に対応するので、各光出力導波路6から出射される光の波長特性を測定することにより、アレイ導波路4によって分波される光の波長特性を知ることができ、さらに、上記のように、アレイ導波路型回折格子は、光出力導波路6側から互いに異なる波長の複数の光を入射させたときに、これらの光がアレイ導波路4によって合波されて光入力導波路2から出射されることから、アレイ導波路4によって合波される光の波長特性も知ることができる。

【0029】図1の特性線aには、図2に示したアレイ導波路型回折格子の複数の光出力導波路6(ポート)から出射される光のうち、1つの光出力導波路6から出射される光の波長特性を示す。上記アレイ導波路型回折格子は、このポートから出射される光の中心波長が1550

nmとなるように設計されて形成されたが、前記火炎堆積・反応性イオンエッチングのプロセス誤差により、アレイ導波路型回折格子の実効屈折率がずれて、前記波長特性が前記設定波長である1550nmよりも短波長側に0.12nmずれてしまっていた。

【0030】アレイ導波路4はガラス材料により形成されており、ガラス材料を、ガラス転移温度近傍の、ガラス転移温度より低い一定温度で加熱すると、ガラス材料の体積の収縮が生じ、ガラス材料の実効屈折率が高くなるため、アレイ導波路4を、前記ガラス材料のガラス転移温度近傍であってガラス転移温度よりも低い温度で加熱すると、アレイ導波路4の実効屈折率が高くなり、前記式(1)より、アレイ導波路4によって分波又は合波される光の中心波長が長波長側にシフトする。

【0031】本実施形態例では、このことを利用して、前記のように、アレイ導波路4によって分波された光の波長が前記設定波長から短波長側にずれたときには、少なくともアレイ導波路4を室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度である900℃以下の700℃の温度で予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、アレイ導波路4で合波する光と分波する光の各中心波長を長波長側に補正することにした。

【0032】なお、上記加熱に際し、本実施形態例を適用するアレイ導波路型回折格子と同じ構成の試験用アレイ導波路型回折格子を用い、この試験用アレイ導波路型回折格子のアレイ導波路4を700℃で加熱したときの、加熱時間と各ポートから出射される光の中心波長のシフト量との関係を予め測定した。その結果が図3に示されており、同図から明らかなように、アレイ導波路4を700℃で96時間加熱すると、前記中心波長を0.11nm長波長側にシフトできることが分かった。

【0033】そこで、本実施形態例では、図2に示したアレイ導波路型回折格子のアレイ導波路4を700℃で96時間加熱して、アレイ導波路型回折格子によって分波される光と合波される光の波長を補正することにした。その結果、本実施形態例の波長補正方法によって補正した後の、アレイ導波路型回折格子における前記ポートからの出射光の波長特性は、図1の特性線bに示すように長波長側にシフトし、その中心波長は1550nmとなり、設定波長となった。なお、他のポートについても同様の結果が得られ、全てのポートの中心波長が設定波長となった。

【0034】本実施形態例によれば、上記のように、アレイ導波路4によって合波された光の中心波長またはアレイ導波路4によって分波された光の中心波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であったときに、予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、アレイ導波路4で合波する光とアレイ導波路4で分波する光の各中心波長を長波長側に補正するために、上記加熱時間を適切に設定することにより、前記各中心波長を前記設定

波長に補正することができる。

【0035】したがって、本実施形態例の波長補正方法を用いて前記各中心波長を前記設定波長に補正することにより、アレイ導波路型回折格子により形成された光合分波器の作製歩留まりを向上させることができ、光合分波器の低コスト化を図ることができる。

【0036】図4には、本発明に係る光合分波器の波長補正方法の第2実施形態例を適用する光合分波器が示されている。なお、図4において、図2に示したアレイ導波路型回折格子と同一名称部分には同一符号が付してある。

【0037】図4に示す光合分波器は、光入力導波路2の出射側に第1の方向性結合器7が接続され、第1の方向性結合器7の出射側には、第1の方向性結合器7から導出された光を伝播する互いに異なる長さの2本の並設されたアーム導波路8が接続され、2本のアーム導波路8の出射側には第2の方向性結合器9が接続され、第2の方向性結合器9の出射側には光出力導波路6が接続されて成る導波路パターンを有し、光合分波部10がアーム導波路8によって形成されているマッハツェンダ干渉型素子(マッハツェンダ干渉型光学素子)である。なお、このマッハツェンダ干渉型光学素子においても、アーム導波路8を含む各光導波路は、ガラス材料により形成されている。

【0038】このようなマッハツェンダ干渉型光学素子においては、例えば、同図に示すように、光入力導波路2から入力された互いに異なる波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光を、アーム導波路8に伝播させることによって、異なる光出力導波路6(6a, 6b)に入力させ、各光出力導波路6から出射させるものであり、また、光は可逆性を有することから、例えば、上記と逆に、各光出力導波路6から互いに波長が異なる複数の光を入射させると、これらの光は、上記と逆の伝播経路を通り、アーム導波路8によって合波され、光入力導波路2から出射される。

【0039】ところで、マッハツェンダ干渉型光学素子の動作原理により合波または分波される光の波長 $\lambda_b$ 、 $\lambda_c$ は、次式(2)、(3)を満足するものである。

$$\text{【0040】 } m \cdot \lambda_b = n \cdot \Delta L \cdots \cdots (2)$$

$$\text{【0041】}$$

$$(m+1/2) \cdot \lambda_c = n \cdot \Delta L \cdots \cdots (3)$$

【0042】なお、上記式(2)、(3)において、 $\Delta L$ は、アーム導波路8の長さの差、 $n$ はアーム導波路8の実効屈折率、 $m$ は回折次数であり、回折次数 $m$ は、整数であり、一定である。

【0043】これらの式から明らかなように、マッハツェンダ干渉型光学素子によって合波する光と分波する光の各中心波長は、アーム導波路8の長さの差及びアーム導波路8の実効屈折率に比例する。

【0044】そこで、本実施形態例では、アーム導波路8によって合波または分波される光の波長が予め定めら

れた設定波長よりも短波長側であったときに、少なくともアーム導波路8を室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で、予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、アーム導波路8で合波する光と光合分波部で分波する光の各中心波長を長波長側に補正することにした。

【0045】なお、本実施形態例では、アーム導波路8の具体的な加熱温度は、上記第1実施形態例におけるアレイ導波路型回折格子の加熱時間と同様に700℃とし、上記第1実施形態例と同様に、試験用マッハツェンダ干渉型素子を用いてアーム導波路8の700℃における加熱時間と波長シフト量との関係を予め求めておき、この関係データに基づいてアーム導波路8の加熱時間を設定した。

【0046】本実施形態例も、マッハツェンダ干渉型光学素子の光合分波部であるアーム導波路8で合波する光とアーム導波路8で分波する光の各中心波長が、予め定められた設定波長よりも短波長側だったときに、上記第1実施形態例と同様に、各中心波長を長波長側に補正することにより、上記第1実施形態例と同様の効果を奏することができる。

【0047】図5には、本発明に係る光合分波器の波長補正方法の第3実施形態例を適用する光合分波器が示されている。なお、図5において、図2に示したアレイ導波路型回折格子および図4に示したマッハツェンダ干渉型素子と同一名称部分には同一符号が付してある。

【0048】図5に示す光合分波器は、ガラス材料により形成されたリング型光導波路11に、方向性結合器12を介して光入力導波路2と光出力導波路6とが接続されたリング共振器型フィルタ16を備えた光合分波器であり、互いに異なる複数の波長の光(同図においては、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ )からリング型光導波路11の共振波長(同図においては、波長 $\lambda_1$ )と異なる波長の光(同図においては、波長 $\lambda_2$ )を分波して光出力導波路6から出力するものである。

【0049】リング共振器型フィルタ16の動作原理により、リング共振器の共振波長、すなわち、リング型光導波路11の共振波長 $\lambda_d$ は、リング型光導波路11を形成するガラス材料の実効屈折率 $n$ 、リング型光導波路11の長さ $L$ 、回折次数 $m$ ( $m$ は整数であり、一定である)を用いて、次式(4)により表わされる。

$$\text{【0050】 } m \cdot \lambda_d = n \cdot L \cdots \cdots (4)$$

【0051】この式から明らかなように、リング型光導波路11の共振波長は、リング型光導波路11の長さおよびリング型光導波路11の実効屈折率に比例する。

【0052】そこで、本第3実施形態例では、リング型光導波路11の共振波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であるときに、少なくともリング型光導波路11を、室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で予め定められた加熱時間だけ加熱することに



より、リング型光導波路11の共振波長を長波長側に補正する。

【0053】なお、本実施形態例では、リング型光導波路11の具体的な加熱温度は、上記第1実施形態例と同様に700℃とし、上記第1実施形態例と同様に、試験用リング共振器型フィルタを用いてリング型光導波路11の700℃における加熱時間と波長シフト量との関係を予め求めておき、この関係データに基づいてリング型光導波路11の加熱時間を設定した。

【0054】本第3実施形態例においても、リング型光導波路11の共振波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であるときに、上記第1、第2実施形態例と同様に、リング型光導波路11の共振波長を長波長側に補正することにより、上記第1および第2実施形態例と同様の効果を奏することができる。

【0055】図6には、本発明に係る光合分波器の波長補正方法の第4実施形態例を適用する光合分波器が示されている。同図に示す光合分波器は、ガラス材料により形成されたガラス基板15を挟む両面側に鏡13を設けて、これらの鏡13の反射面14を互いに対向させたファブリペローエタロン17をするものであり、互いに異なる複数の波長の光(同図においては、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ )からファブリペローエタロン17の共振波長(同図においては、波長 $\lambda_1$ )と異なる波長の光(同図においては、波長 $\lambda_2$ )を分波して光出力導波路6から出力するものである。

【0056】ファブリペローエタロンの動作原理により、ファブリペローエタロン17の共振波長 $\lambda_e$ は、ガラス基板15を形成するガラス材料の実効屈折率 $n$ 、鏡13の反射面間の距離 $d$ 、回折次数 $m$ ( $m$ は整数であり、一定である)を用いて、次式(4)により表わされる。

$$【0057】 m \cdot \lambda_e = n \cdot d \cdot \dots \cdot (4)$$

【0058】この式から明らかなように、共振波長 $\lambda_e$ は、鏡13の反射面間の距離 $d$ および基板15を形成するガラス材料の実効屈折率 $n$ に比例する。

【0059】そこで、本第4実施形態例では、ファブリペローエタロン17の共振波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であるときに、少なくともファブリペローエタロン17を、室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、前記ファブリペローエタロン17の共振波長を長波長側に補正する。

【0060】なお、ファブリペローエタロン17の具体的な加熱温度は、上記第1実施形態例におけるアレイ導波路型回折格子の加熱と同様に700℃とし、上記第1実施形態例と同様に、試験用ファブリペローエタロンを用いてファブリペローエタロン17の700℃における加熱時間と波長シフト量との関係を予め求めておき、この関係データに基づいてファブリペローエタロン17の

加熱時間を設定した。

【0061】本第3実施形態例においても、ファブリペローエタロン17の共振波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であるときに、上記各実施形態例と同様に、ファブリペローエタロン17の共振波長を長波長側に補正することにより、上記各実施形態例と同様の効果を奏することができる。

【0062】なお、本発明は上記実施形態例に限定されることなく様々な実施の態様を採り得る。例えば、上記各実施形態例では、アレイ導波路4やアーム導波路8やリング型光導波路11やファブリペローエタロン17を加熱する加熱温度を700℃としたが、この加熱温度は特に限定されるものではなく、これらの各光導波路4、8、11やファブリペローエタロン17を形成するガラス材料のガラス転移温度以下で室温以上の適宜の温度に設定されるものである。

【0063】そして、この加熱温度による加熱時間は、この加熱温度で、加熱される光合分波器と同様の構成を有する光合分波器のアレイ導波路4やアーム導波路8を加熱したときの、アレイ導波路4やアーム導波路8による合波の中心波長のシフト量や、前記加熱温度でリング型光導波路11やファブリペローエタロン17を加熱したときのリング型光導波路11やファブリペローエタロン17の共振波長のシフト量に基づいて予め設定される。

【0064】また、本発明の光合分波器の波長補正方法を適用する光合分波器は、上記各実施形態例を適用した光合分波器に限定されるものではなく、適宜設定されるものであり、アレイ導波路型回折格子やマッハツェンダ干渉型素子等によって形成される光合分波器の光合分波部による合波中心波長や分波中心波長は適宜設定されるものであるし、リング共振器型フィルタ16やファブリペローエタロン17の共振波長は適宜設定されるものである。

【0065】さらに、互いに異なる複数の波長の光を合波する光合波機能と互いに異なる複数の波長をもった光から1つ以上の波長の光を分波する光分波機能の少なくとも一方の機能を有する光合分波部を有し、光合分波部はガラス材料により形成された互いに長さの異なる複数の光導波路により形成され、前記光合分波部によって合波する光と分波する光の各中心波長が前記光導波路の長さの差及び該光導波路の実効屈折率に比例する光合分波器であれば、アレイ導波路型回折格子やマッハツェンダ干渉型素子以外の光導波路素子にも本発明を広く適用できる。

【0066】

【発明の効果】本第1、第2、第3の発明によれば、光合分波部によって合波する光と分波する光の各中心波長は、光合分波部を形成する光導波路の長さの差及び該光導波路の実効屈折率に比例するため、光合分波部によ

て合波された光の中心波長または光合分波部によって分波された光の中心波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であったときに、少なくとも前記光合分波部を室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で加熱することにより、光合分波部を形成するガラス材料の体積の収縮を生じさせ、ガラス材料の実効屈折率を高くすることによって、光合分波部で合波する光と光合分波部で分波する光の各中心波長を長波長側にシフトさせることができる。

【0067】そのため、本第1、第2、第3の発明においては、上記加熱時間を適切に設定することにより、前記中心波長を前記設定波長又は設定波長に近い波長に補正でき、光合分波器の作製歩留まりを向上させることができるし、それにより、光合分波器の低コスト化を図ることができる。

【0068】また、同様に、本第4の発明においては、リング型光導波路の共振波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であるときに、少なくとも前記リング型光導波路を室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、前記リング型光導波路の共振波長を長波長側に補正するものであり、本第5の発明においては、ファブリペローエタロンの共振波長が予め定められた設定波長よりも短波長側であるときに、少なくとも前記ファブリペローエタロンを室温以上で前記ガラス材料のガラス転移温度以下の温度で予め定められた加熱時間だけ加熱することにより、前記ファブリペローエタロンの共振波長を長波長側に補正するものであるため、いずれの発明においても、上記加熱時間を適切に設定することにより、前記共振波長を前記設定波長又は設定波長に近い波長に補正できる。

【0069】そのため、本第4、第5の発明においても、光合分波器の作製歩留まりを向上させることができ、光合分波器の低コスト化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】アレイ導波路型回折格子の1つのポートから出

射される光の波長特性と、このアレイ導波路型回折格子に、本発明に係る光合分波器の波長補正方法を適用して波長補正したときの前記ポートから出射される光の波長特性を示すグラフである。

【図2】本発明に係る光合分波器の波長補正方法の第1実施形態例を適用するアレイ導波路型回折格子を示す要部構成図である。

【図3】アレイ導波路型回折格子の加熱時間とアレイ導波路型回折格子の分波中心波長のシフト量との関係を示すグラフである。

【図4】本発明に係る光合分波器の波長補正方法の第2実施形態例を適用するマッハツェンダ干渉型素子を示す要部構成図である。

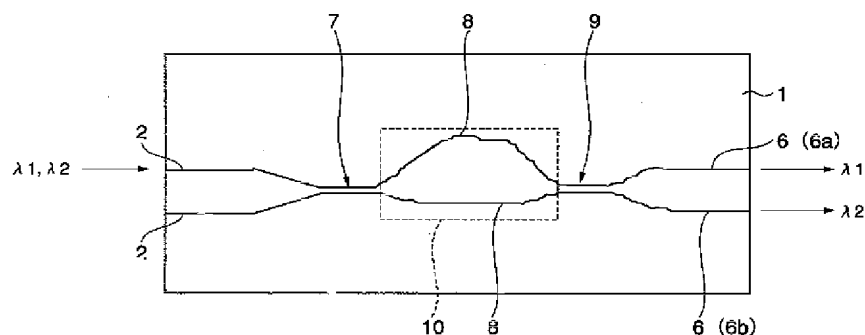
【図5】本発明に係る光合分波器の波長補正方法の第3実施形態例を適用するリング共振器型フィルタを示す要部構成図である。

【図6】本発明に係る光合分波器の波長補正方法の第4実施形態例を適用するファブリペローエタロンを示す要部構成図である。

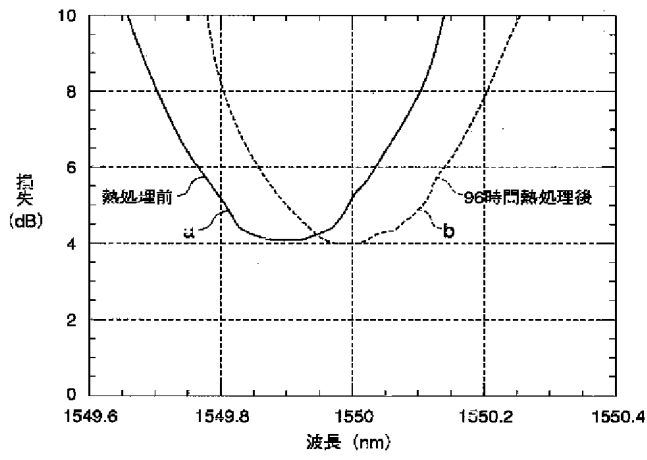
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 光入力導波路
- 3 入力側スラブ導波路
- 4 アレイ導波路
- 5 出力側スラブ導波路
- 6 光出力導波路
- 7, 9, 12 方向性結合器
- 8 アーム導波路
- 10 光合分波部
- 11 リング型光導波路
- 13 鏡
- 14 反射面
- 15 ガラス基板
- 16 リング共振器型フィルタ
- 17 ファブリペローエタロン

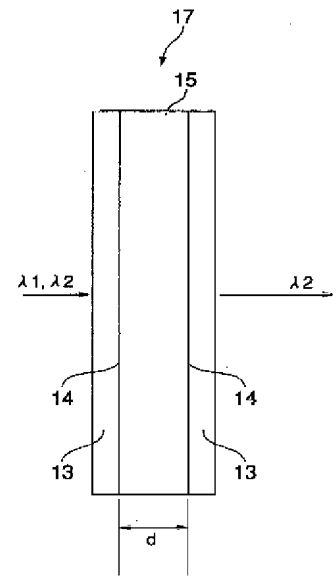
【図4】



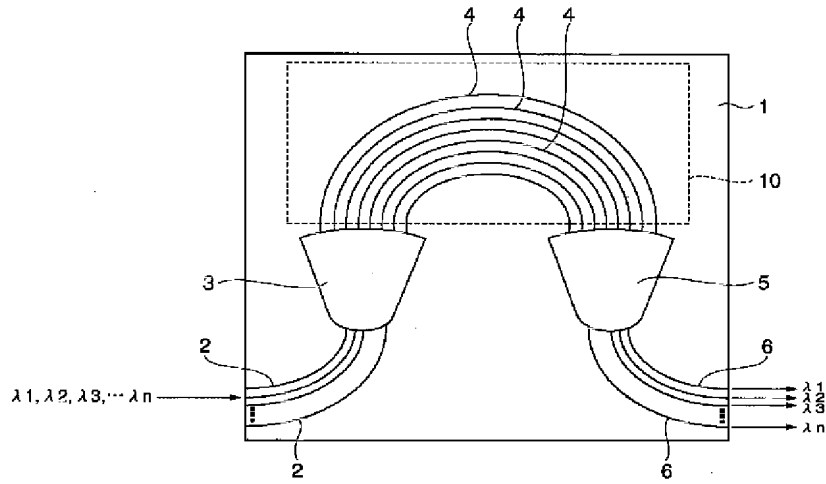
【図1】



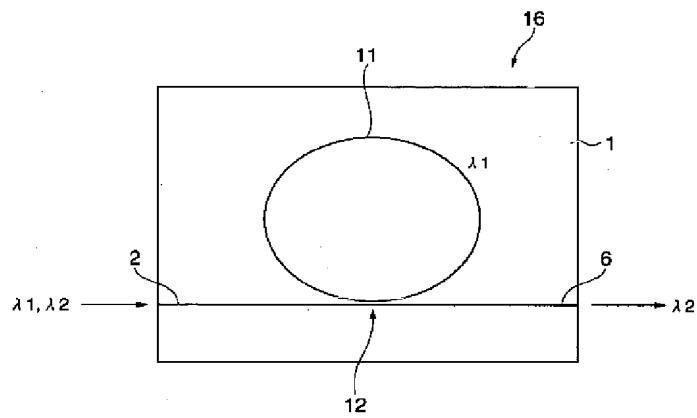
【図6】



【図2】



【図5】



【図3】

